



УДК [(552.313+552.58):551.763] (438+477.8/.9+498)

## **ВУЛКАНИЗМ И РАЗВИТИЕ ОРГАНИЗМОВ С КРЕМНЕВЫМ СКЕЛЕТОМ В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ОКЕАНА ТЕТИС В МЕЛОВОМ ПЕРИОДЕ**

*С. И. Пастернак, Р. И. Лещух, Ю. Н. Сеньковский*

Развитие организмов с кремневым скелетом в океанских и морских бассейнах в значительной степени зависит от определенных океанографических ситуаций. К важнейшим факторам, способствующим образованию фито-, зоопланктона и зообентоса с кремниевой функцией (диатомовые водоросли, радиолярии, силикофлягелляты, хистрикосферы, кремневые губки), относятся: повышенная концентрация кремнезема в морской воде, а также таких биогенов, как фосфаты, соли железа, марганец, нитраты и нитриты; поддержание их приходно-расходного баланса; наличие термогалинной циркуляции; дивергенция водных масс и ряд других условий.

Согласно новейшим данным по изучению биогенной продукции, обусловившей кремненакопление в древних (мезокайнозой) и современных морских и океанских бассейнах, главным источником кремнезема является резервуар Мирового океана [7, 13 и др.]. «Вулканогенный вынос» и материковый сток из областей денудации рассматриваются как источники кремнезема подчиненного порядка; однако, как было установлено для ряда районов мира [5, 17], эти формы поставки  $\text{SiO}_2$  в отдельных геологических ситуациях сыграли весомую роль в развитии морских кремнеорганизмов, что способствовало биогенной садке кремнезема в седиментационных бассейнах.

В настоящей статье сделана попытка проследить влияние усиленной вулканической деятельности на развитие кремнеорганизмов в морских бассейнах мелового периода на территории Карпат и сопредельных районов Восточно-Европейской платформы и Скифской плиты.

### **Распространение вулканических и вулканогенно-осадочных пород**

В разрезе осадочной толщи исследованной территории вулканические и вулканогенно-осадочные породы присутствуют в основном в Карпатском и Причерноморско-Крымском регионах. Спорадически они отмечаются в Предкарпатском прогибе и на юго-западной окраине Восточно-Европейской платформы. Представлены они продуктами надводной и подводной деятельности вулканов, размещавшихся в пределах Карпатской вулканической дуги островных поднятий, а также на дне седиментационного бассейна Карпатской геосинклинали и смежной континентальной окраины (тектонически активный южный край молодой Скифской плиты).

В составе рассмотренных отложений, наряду с продуктами дифференциации главным образом известково-щелочных лав (Карпаты, Крымский меловой прогиб), отмечаются как грубообломочные породы, накапливавшиеся в непосредственной близости от очагов извержений, так и тонкозернистые пирокластические образования. Механизмом распространения и локализации последних, по всей вероятности, были ло-

кальные пеплопады, а также тропосферное выпадение тонкой пироклаستيку. В Восточно-Европейском и Карпатском меловых морях значительная часть пирокластик переносилась направленными течениями, создавая полосы с повышенным содержанием кремнезема в морской воде вследствие поступления вулканогенного  $\text{SiO}_2$ . Такие обстоятельства способствовали повышенному продуцированию кремнеорганизов и биогенной садке  $\text{SiO}_2$  в пределах отдельных районов.

О развитии мелового вулканизма в Карпатском регионе дает представление краткий перечень основных местонахождений вулканогенных пород в западной, восточной и юго-восточной частях горной дуги. Не приведены местонахождения пород, возраст которых дискуссионный. При обобщении литературных данных были использованы также устные сообщения Я. О. Кульчицкого, М. Б. Рипун и А. Н. Янакевича.

Западные Карпаты [1, 18, 20—22]. Прослойки туфов, туфитов и бентонитов встречаются в таких местностях: Бельско-Бяла, Козлувек, Лянцкорона, Бугай, Баховице, Сромовце Нижне, Поромбки, Погуж, Быковце, Венглювка, Мендзыбродзе, Писажовице, Недзьвада, Домарадз, Рыботыче. Количество прослоек на отдельных местонахождениях колеблется от одного до шести, их толщина — от 0,1 до 10 см. Только в Сромовце Нижне она достигает 15—40 см, а в отдельных случаях (линзовидное тело) — 70 см. Возраст пирокластических образований датируется от позднего баррема до раннего маастрихта, но главным образом фиксируются породы альб-сеноманского возраста.

В Чехословакии (Высокие Татры) покровы основных лав и туфов залегают на неокомских известняках. В западной части Силезской единицы (Карпаты) на контакте с изверженными породами тешенитовой ассоциации обнаружены нижнебарремские аммониты, определение которых дало возможность установить готеривский возраст вулканизма [1].

В Венгрии офиолитовый комплекс верхнеюрских — нижнемеловых отложений, мощностью более 1000 м, вскрыт скважинами севернее гор Мечек; кроме того, в горах Мечек известны нижнемеловые щелочные базальты (трахиодолериты).

Восточные Карпаты [2, 4, 6, 9, 15, 16]. Вулканические породы известны среди отложений мела почти всех структурно-фациальных единиц Украинских Карпат. Основные обнажения этих образований, согласно данным ряда работ [6, 9, 15, 16 и др.], известны в таких местностях: ручей Каменный Поток (несколько прослоев порфиритовых диабазов и их туфов, мощностью до 1 м; верхняя юра — готерив); верхнее течение р. Шибены (бассейн р. Черный Черемош), ручей Выпчинка (миндалекаменные диабазовые порфириты, туфобрекчии, туфогравелиты, туфы с перетолженной фауной неокома, мощностью более 10 м); ручьи Васкуль, Бальзатул, Лемский Лес, Липовец в бассейне р. Белая Тиса (глыбы, прослои и линзы порфиритов, мощностью 5—15 м, вулканические брекчии с ксенолитами верхнеюрских — неокомских известняков); ручей Тростянец — правый приток р. Черная Тиса (туфы, диабазы, лавобрекчии, мощностью до 32 м; верхняя юра? — неоком); район Великого Каменца — Вульховчика (на брекчированных известняках с берриас-валанжинской фауной залегают прослои порфиритов с ксенолитами подстилающих известняков, мощностью 5 м); ручьи Квасный, Радомир, Вовчий (во флишидных нижнемеловых отложениях раховской свиты отмечаются пластовидные тела мелкозернистых порфиритов, мощностью до 3 м; баррем); р. Белый Черемош (бентонизированный туф; турон — коньяк); ручей Александровский (горизонт с пирокластикой, общей мощностью до 30 м, представлен гиалокластитами, реже — вулканогенными бомбами, лапиллями и маломощными прослойками радиоларитов; турон); ручей Паражена (прослой туффита толщиной до 1 м; кампан); район Ясини, р. Лопушанка и хребет Черногоры

(прослой туффитов и туфогенных песчаников, толщиной 1—8 м; кампан); ручей Гарманескуль (семь прослоев, толщиной 5—20 м; кампан); верхи шипотской свиты (прослойки туффитов; вракон); с. Тершив (сантиметровые прослойки окремнелых мергелей с примесью пирокластиков — до 20 %; альб—сеноман); прослойки аргиллитов, мощностью до 1,3 м, с примесью пирокластиков в верхнемеловых отложениях стрыйской свиты вскрыты скважиной в районе г. Сколе.

Юго-восточные Карпаты [19, 26 и др.]. В Румынских Карпатах вулканогенная деятельность проявлялась в неокоме, барреме, апте, альбе, сеномане и туроне—сеноне. Вулканогенные породы представлены в основном комплексами: базальт—андезит—риолиты и базальт—лимбургит—олигофир—ортофиры. Основные выходы вулканических образований приходится на такие местности: междуречье Кырлибабы—Бобейки (диабазы в слоях Синайя; неоком), истоки р. Бобейка (прослой диабазов и туфов; неоком); р. Суха-Маре, с. Кирну (туфовые песчаники Виндерелу; баррем—апт); междуречье Валя—Красна—Телья (пирокластика; турон—сенон). В горах Метаниями наблюдаются базальт-спилитовые образования баррема и апта. Изверженные породы спилит-кератофирового состава сеноман-турон-сенонского возраста известны в горах Таркэу—Паринч. Проявления магматических пород верхнего мела установлены в бассейне р. Рошия, в районе Мэгурича—Ортелек, массиве Вледиаса, горах Пояна Рускэ, в зоне Тимока.

Предкарпатский прогиб (Внешняя зона). В разрезе платформенных отложений мела прослой с примесью пирокластиков (5—10 %) вскрыты отдельными скважинами. Согласно ряду работ [3, 4, 10], дополненных и уточненных М. Б. Рипун, пирокластический материал был установлен в разрезах таких скважин: Пидлубы-111 (310—808 м, на разных глубинах в туроне—сантоне, но преимущественно в туроне); Пидлубы-121 (302—523 м, альб—турон); Вербиж-1 (893—900 м, турон); Вербиж-2 (570—821 м, четыре горизонта, сеноман-кампан); Держив-3 (1260—1262 м, турон); Северные Медничи-3 (1360—1394 м, сантон?); Гриневка-4 (1428—1580 м, сантон-кампан); Черновцы-17 (112—135 м, сеноман—турон).

Юго-запад Восточно-Европейской платформы. На Вольно-Подольской плите пирокластический материал обнаружен в отложениях мела в целом ряде местностей [3, 4 и др.]: Золотники (примесь пирокластиков в переходных отложениях от верхнего сеномана до нижнего турона); Коропец (прослой бентонитовой глины — 0,3 м, турон); Монастыриска (прослой бентонитовой глины — от 0,06—0,1 до 3 м, нижний турон); Кременец (согласно данным С. И. Шуменко, — прослой бентонитовой глины, турон). Пирокластический материал нами был обнаружен среди отложений верхнего альба (линзы бентонитовых глин в опоках, с. Нивра, р. Збруч) и верхнего сеномана (бентонитовые глины в кавернах валунчатых халцедонолитов, с. Бакота и др.) [10]. На Пруто-Днестровском междуречье, согласно сообщениям А. Н. Янкевича, прослой бентонитовых глин вскрыты в разрезе отложений верхнего сеномана (скв. 59 и 65).

В пределах Польской низменности (Восточно-Европейская платформа) пирокластический материал был установлен [20] в отложениях нижнего кампана (скв. Люблин, примесь пирокластиков; скв. Глуш, прослой бентонитовой глины). В Меховской мульде прослой бентонитов (0,3 м) обнаружены [21, 22] в девяти пунктах между городами Краков и Лельов, в виде полосы длиной до 80 км (кампан—маастрихт).

Скифская плита. Характерной чертой палеогеографии альб-раннесеноманского времени было интенсивное проявление вулканизма, главным образом в субмаринных условиях, на территории современно-

го Равнинного Крыма [11]. Наиболее широко андезитовый вулканизм проявился в среднем и в начале позднего альба. Очаги вулканических извержений размещались на территории Северо-Крымского мелового прогиба и в сопредельных районах (вулканы Оленевский, Красноярский, Глебовский, Соколинский, Алексеевский, Первомайский, Лобановский, Островский, Воинский). В этом регионе накопилась осадочно-вулканогенная толща, мощностью от 100 до 800 м (тарханкутская свита, средний—верхний альб), сложенная переслаиванием аргиллитов, алевролитов и песчаников с туффитами, туфами, лавами и туфолавами. Присутствуют эффузивы андезитового состава. В нижнем сеномане отмечаются лишь отдельные прослойки пирокластического материала, что связано с затуханием вулканизма в этой области.

### **Соотношение эпох проявления вулканизма и усиленного развития морских организмов с кремневым скелетом**

Анализ пространственно-временного распределения вулканических образований среди отложений мела показывает, что в целом ряде районов изученной территории на отдельных этапах ее геологического развития довольно ярко проявился эффузивно-осадочный тип седиментации. Наиболее отчетливо вулканическая седиментация была выражена в альбе и, частично, в раннем сеномане (Северо-Крымский меловой прогиб, Карпатская геосинклиналь). Латентный характер она имела в туроне и верхнем сеноне (Карпатская геосинклиналь).

Для разрешения затронутого вопроса важное значение имеет выяснение местонахождения вулканических центров извержения, поставивших пирокластический материал в седиментационные бассейны.

В Северо-Крымском меловом прогибе буровыми работами прослежен ряд ископаемых вулканов, действовавших в раннем мелу [11 и др.]. Вулканические сооружения центрального типа представляли собой Оленевский, Красноярский, Глебовский, Соколинский, Алексеевский и Первомайский вулканы. К вулканическим очагам линейного (или трещинного) типа с широким развитием эффузивной деятельности относятся Лобановский, Островский и Воинский вулканы. Что касается определения местонахождения вулканов, действовавших в мелу в Карпатской геосинклинали, то этот вопрос остается проблематичным. Весьма сложное геологическое строение Карпат с их шарьяжной тектоникой не дает нам возможности определить достоверное местонахождение древних вулканических аппаратов. Имеются представления [9], согласно которым в Восточных Карпатах вулканические центры размещались в пределах Драговского и на границе Шипотского и Близницкого прогибов. На основе наших данных [6] можно предполагать, что главные центры вулканических извержений в раннемеловое время находились в пределах Раховского прогиба (возможно, вдоль его бортов), где, по мнению некоторых исследователей, происходило значительное растяжение земной коры. Исходя из новейших представлений о плитотектонической природе развития земной коры северных окраин Тэтиса [23, 24], можно судить о том, что в раннем мелу весомым поставщиком пирокластике являлись вулканические очаги, размещенные в пределах вулканической островной гряды, которая, очевидно, была реликтом киммерийского континента, разграничивавшего в среднем мезозое Палеотетис и Неотетис.

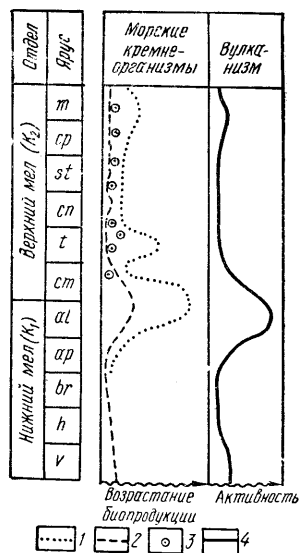
Литолого-палеонтологическое изучение пород мела платформенных и геосинклинальных фаций показало весьма неодинаковое распределение в них скелетных остатков кремнеорганизованных организмов, как в количественном, так и в видовом отношении. Палеоценозы Карпатского геосинклинального и Восточно-Европейского эпиконтинентального морей значительно различаются. В первом преобладали радиолярии, а губки имели лишь

подчиненное значение. Во втором доминировали кремневые губки, а радиолярии и диатомовые водоросли относились к спорадическим формам.

В Скибовой зоне Украинских Карпат [8, 25] радиолярии распространены в отложениях всех свит, однако расцвет их комплекса приходится на верхи спасской и низы головнинской свит (альб—нижний сеноман). Основное их местонахождение приурочено к пограничным слоям, обнажающимся в с. Тершов (р. Днестр). Обнаружены они также в вышележащей головнинской свите, а в долинах рек Быстрица По-

бужская и Стрый (с. Кропивник) — в отложениях нижнестрыйской подсвиты\*. Кроме того, радиолярии известны и в других структурно-фациальных зонах Украинских Карпат: в каменнопотокской и свальявской свитах, в верхах шипотской — низах яловецкой свит и в нижней части тиссальской свиты.

В Покутских Карпатах З. Суйковский [25] установил развитие радиолярий во флишевых отложениях вракона (верхнешипотская подсвита) и описал спонголит-гезовые породы, содержащие богатые скопления губ-



Сопоставление эпох развития морских кремнеорганизов и вулканизма в северных районах Тетиса в меловом периоде (Карпатская геосинклиналь, юго-запад Восточно-Европейской платформы, Скифская плита)

1 — кремневые губки; 2 — радиолярии; 3 — диатомовые водоросли, хистрикосферы, силикофлагелляты; 4 — кривая активности вулканизма в Крымско-Карпатском регионе

ковой фауны. В разрезе сеноманского флиша Западных Карпат [18] радиоляриевые и спонгиевые силициты нередко ассоциируют с пирокластическими породами и другими осадочными образованиями, обогащенными вулканическим материалом.

Изучение процессов кремненакопления в Восточно-Европейском эпиконтинентальном море показало, что морские организмы с кремневой функцией (губки) наиболее интенсивного развития достигли в позднем альбе—раннем сеномане (Подольская, Буковинская, Причерноморская, Ростовско-Полесская области кремненакопления), в туроне (Ростовская, Мазурская области кремненакопления) и маастрихте (Ростовская область кремненакопления) [12]. Скелетные остатки кремневых губок послужили исходным материалом для формирования таких типов кремнистых пород, как спонголиты, гезы, порцелланиты, шерты, конкреционные и пластовые кремни, трепелы, спикулиты, спонгиевые алевриты и др. [14].

Сопоставление эпох проявления вулканизма и усиленного развития кремнеорганизов в бассейне свидетельствует о некотором совпадении этих двух процессов во времени (см. рисунок). В частности, альб-сеноманскому вулканизму соответствует расцвет радиолярий в геосинклинали и кремневых губок — в шельфовом Восточно-Европейском море. Для последнего характерна определенная сдвинутость (миграция) прохождения продуктивности кремнеорганизов во времени и по площади. Так, в Причерноморско-Азовской части моря спонгиевые осадки начали формироваться со среднего альба (скв. Бериславская 5-Р, Новомаячкинская-88, Сокологорненская 4-Р, Александровская 30-Р и др.),

\* В средне- и верхнестрыйской подсвитях радиолярии встречаются редко.

т. е. значительно раньше, чем их литологические аналоги в Подольской области (толща спонгиевых силицитов, верхний альб). При этом усиленное развитие кремнеорганизмов в Подольской части эпиконтинентального Восточно-Европейского моря продлилось значительно дольше, чем в Причерноморской. В Подольской области оно наблюдалось от позднего альба до турона включительно, в Причерноморье и Приазовье — от раннего альба до сеномана. В бассейне среднего течения Вислы максимум биогенного кремнеаккумуляции падает на туронский век (кремнисто-известняковая толща). При этом во временном отношении отмечается весьма неодинаковая продолжительность вспышки повышенного развития кремнеорганизмов. Так, в Подольской части бассейна она длилась значительно дольше (от позднего альба до турона), чем в Причерноморско-Азовской (от раннего альба до сеномана).

Таким образом, наблюдается миграция во времени зон усиленного развития кремнеорганизмов в бассейнах в направлении с востока на северо-запад. Это явление, на наш взгляд, очевидно, следует объяснить влиянием геологических и океанографических факторов. Среди них определенное место принадлежит вулканизму. В Карпатском и Крымском регионах с проявлением на отдельных этапах геологической истории вулканизма, который явился дополнительным мощным источником кремнезема, и в результате постоянного обеспечения водоема кремнеземом вследствие размещения зон апвеллинга, появились довольно благоприятные условия для аномально повышенного продуцирования морских организмов с кремниевой функцией.

Проведенные исследования показали, что совпадение вулканической активности с развитием и вспышкой в расцвете кремнеорганизмов в Карпатской геосинклинали и Восточно-Европейском эпиконтинентальном море наблюдается лишь для отдельных вековых промежутков мелового периода. Следовательно, можно утверждать, что вулканизм служил дополнительным источником привноса кремнезема в бассейн. Доминирующим источником  $\text{SiO}_2$  являлся резервуар океана Тетис, откуда при определенных геологических и океанологических ситуациях поступали в седиментационные бассейны глубинные, богатые кремнекислотой течения, что способствовало непрерывному восполнению дефицита биогенов в верхних слоях водоема и обеспечению условий для повышенного развития организмов с кремниевой функцией.

## SUMMARY

The effect of intensified volcanic activities on the development of organisms with a framework of silica (radiolarians, sponges, diatoms and histricospheres is traced in the marine basins of the Carpathians territory, adjacent regions of the East-European platform and the Scythian plate in the Cretaceous period. In addition to the main source of silica — the World Ocean — volcanoes are shown to have been essential suppliers of  $\text{SiO}_2$  in this region. The diagram applied reflects a coincidence of epochs of volcanic activity and the heyday of organisms with a silica skeleton.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Вашичек З. К биостратиграфии и палеогеографии нижней части Силезийской единицы в ее годульском развитии (верхняя юра — нижний апт). — В кн.: Материалы X конгресса КБГА. Братислава, 1973, с. 217—223.
2. Вульчин Е. И., Кульчицкий Я. О. Нові знахідки туфів у крейдяних і третинних відкладах Східних Карпат. — Доп. АН УРСР. Сер. Б, 1958, № 4, с. 411—413.
3. Гофштейн И. Д., Рипун М. Б. О находке вулканогенной породы в меловых отложениях Подолии. — Докл. АН СССР, т. 125, № 2, с. 386—392.
4. Данилович Л. Г., Рипун М. Б. Про розвиток кислих магматичних утворень верхньокрейдового віку в Карпатському регіоні. — Геологія і геохімія горючих копалин, 1973, № 36, с. 40—52.

5. Дзоценидзе Г. С. Влияние вулканизма на образование осадков. М.: Недра, 1965. 155 с.
6. Лещух Р. И. О времени проявления вулканизма юго-востока Украинских Карпат.— Геология и геохимия горючих ископаемых. 1978, № 51, с. 13—18.
7. Лисицын А. П. Основные закономерности распределения современных кремнистых осадков и их связь с климатической зональностью.— В кн.: Геохимия кремнезема. М., 1966, с. 90—192.
8. Лозыняк П. Ю. Радиоларии нижнемеловых отложений Украинских Карпат.— В кн.: Ископаемые и современные радиоларии. Львов, 1969, с. 29—41.
9. Ломизе М. Г. Вулканизм флишевой геосинклинали Советских Карпат.— Вестн. Моск. ун-та. Сер. геология, 1975, № 2, с. 20—31.
10. Пастернак С. І. Стратиграфія і фауна крейдових відкладів заходу України (без Карпат) / С. І. Пастернак, В. І. Гаврилишин, В. А. Гинда та ін. Київ: Наук. думка, 1968. 272 с.
11. Плахотный Л. Г., Богаец А. Т., Керусов Н. В. и др. Особенности строения тарханкутской свиты в Равнинном Крыму и перспективы ее нефтегазоносности.— В кн.: Закономерности образования и размещения промышленных месторождений нефти и газа. Киев, 1975, с. 298—302.
12. Сеньковский Ю. Н. Литогенез кремнистых толщ юго-запада СССР. Киев: Наук. думка, 1977. 128 с.
13. Сеньковский Ю. Н. Палеоокеанография Карпатского мелового апвеллинга.— Геол. журн., 1978, т. 38, № 6, с. 54—63.
14. Сеньковский Ю. М. Силіцити крейди південно-західного схилу Східно-Європейської платформи. Київ: Наук. думка, 1973. 155 с.
15. Ткачук Л. Г., Соболев В. С., Костюк В. П., Расточинская Н. С. Мезозойский магматизм.— В кн.: Геология СССР. М., 1966, т. 48, с. 327—334.
16. Ткачук Л. Г., Лозыняк П. Ю., Рейфман Л. М. и др. Пирокластические породы Карпатского региона.— В кн.: Пирокластические породы Украины. Киев, 1977, с. 4—69.
17. Хворова И. В. Кремнакопление в геосинклинальных областях прошлого.— В кн.: Осадкообразование и полезные ископаемые вулканических областей прошлого. Т. 1. Осадкообразование. М., 1968, с. 9—136 (Тр. Геол. ин-та АН СССР; Вып. 195).
18. Burtan J., Turnau-Morawska M. Biochemiczne skaly krzemionkowe Zachodnich Karpat fliszowych.— Prace geologiczne (PAN), Warszawa, 1978, N 111. 43 s.
19. Dimian M. Studii stratigrafice si tectonice in regiunea Lucina—Moldova—Sulita—Breaza (Carpati Orientali).— Dari de Seama, Bucuresti, 1970, N 40, p. 33—62.
20. Harapinska-Depciuch M. Utwory tufogeniczne kredy górnej Nizu Polskiego w otworze wiertniczym Tluszcz.— Kwart. geol., 1967, t. 11, N 3, s. 647—658.
21. Nowak W., Wieser T. Magmatyzm. In: Budowa geologiczna Polski. Stratygrafia. t. 1, czesc 2, Mezozoik, Warszawa, 1973, s. 695—699.
22. Rutkowski J. Magmatyzm.— In: Budowa geologiczna Polski. Stratygrafia. T. 1. Czesc 2. Mezozoik. Warszawa, 1973, s. 644—647.
23. Savu H. Considerations concernati les relations stratigraphiques et la petrologie des ophiolites mesozoiques de Romania.— Annual. comitet de stat. geol., vol. 36. Bucuresti, 1968, pp. 108—124.
24. Sengör A. M. C. Mid—Mesozoic closure of Permo—Triassic Tethys and its implications.— Nature, 1979, vol. 279, N 5714, p. 590—594.
25. Sujkowski Z. Radiolaryty polskich Karpat Wschodnich i ich porownanie z radiolarytami tatrzańskimi.— Spraw. Pol. Inst. Geol., 1932, t. 7, z. 1, s. 97—168.
26. Todorita-Mihailescu V. Studiul geologic al bazinului Rosia (muntii Pădurea Craiului).— Studii tehnice si economice. Seria J, N 3, Bucuresti, 1966. 95 p.

Институт геологии и геохимии горючих ископаемых  
АН УССР

Статья поступила  
9.IV 1980 г.